

**DRUCKVERTEILUNGSMESSUNGEN
IM SOHLENBEREICH ALPINER SKISCHUHE**

MARTIN KULOT

1988

Disbui. München



Aus der Staatlichen Orthopädischen Klinik der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. H. J. Refior

Druckverteilungsmessungen im Sohlenbereich alpiner Skischuhe

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Martin Kulot

aus

Altenstadt

Jahr

1988

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichtersteller:

Prof. Dr. B. Rosemeyer

Mitberichtersteller:

Prof. Dr. G. Fruhmann

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

Prof. Dr. A. Baethmann

Dekan:

Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung:

30. 06. 88

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	1
1.1. Der Skischuh und seine Entwicklung	1
1.2. Untersuchungen zum Skiunfall	2
1.3. Meßtechnik am Skischuh	3
1.4. Problemstellung	4
1.5. Zielsetzung der Arbeit	5
2. Das kapazitive Druckmeßverfahren	6
2.1. Entwicklung des Systems	6
2.2. Funktion und Aufbau des Druckmeßsystems	7
2.3. Die verschiedenen, verwendeten Druckmeßmatten	11
3. Eigene Untersuchungen zur Druckverteilung im Skischuh	16
3.1. Ziel der Untersuchungen	16
3.2. Auswahl und Einteilung der Probanden	16
3.3. Versuchsaufbau	19
3.4. Versuchsablauf	20
3.4.1. Vorversuche außerhalb des Skischuhs	21
3.4.2. Auswahl der Skischuhe	24
3.4.3. Untersuchung über den Einfluß des Vorlagewinkels	26
3.4.4. Untersuchung über den Einfluß des Schnallenschlusses	28

	Seite
3.4.5. Untersuchung über den Einfluß der CantingEinstellung	28
3.4.6. Untersuchung über den Einfluß der Druckverteilung nach Versorgung mit einer Einlage	30
3.4.7. Zusätzliche Messungen im Ristbereich	31
3.5. Auswertung der Versuche und Diskussion	33
3.5.1. Messungen außerhalb des Skischuhs	33
3.5.1.1. Ergebnisse	33
3.5.1.2. Diskussion	35
3.5.2. Der Einfluß des Vorlagewinkels auf die Druckverteilung unter der Sohle	35
3.5.2.1. Ergebnisse	35
3.5.2.2. Diskussion	41
3.5.3. Der Einfluß des Schnallenschlusses auf die Druckverteilung im Skischuh	46
3.5.3.1. Ergebnisse	46
3.5.3.2. Diskussion	49
3.5.4. Die Druckverteilung im Skischuh nach Versorgung mit einer Einlage	51
3.5.4.1. Ergebnisse	51
3.5.4.2. Diskussion	52
3.5.5. Vergleich verschiedener Skischuhtypen	53
3.5.5.1. Vorbemerkung	53
3.5.5.2. Vergleich der Schaftcharakteristiken mit den Druckverteilungsmustern an der Sohle	56
3.5.5.3. Diskussion	58

	Seite
3.5.6. Zusätzliche Messungen im Ristbereich	60
3.5.6.1. Ergebnisse	60
3.5.6.2. Diskussion	65
4. Zusammenfassende Diskussion und Schlußfolgerungen für die Praxis	66
5. Ausblick und Schluß	70
Literaturverzeichnis	71

1. Einführung

1.1. Der Skischuh und seine Entwicklung

Der Vorläufer des alpinen Skischuhs war der Bergschuh, unter den mittels einfacher Haltevorrichtungen der Ski geschnallt wurde. Erst in den letzten Jahrzehnten entwickelte sich aus dem Lederschuh ein hochspezialisiertes Sportgerät, ausschließlich für den alpinen Skisport.

Der moderne Skischuh besteht heute im wesentlichen aus einer Außenschale, meist aus Polyurethan, mit genormten Maßen für den Anschluß an das Bindungssystem, und dem Innenschuh, der den Fuß trägt und bettet.

Neben vielen technischen Raffinessen, wie einstellbare Vorlagedämpfung, regulierbare CantingEinstellung usw., stehen sich vor allem zwei Grundkonstruktionen der Skischuhschale gegenüber, nämlich der Hinteneinsteiger und das konventionelle Mehrschnallenmodell. (Abb. 1)



Abbildung 1: Konventioneller Mehrschnallenski Schuh und Hintereinstiegsmodell

1.2. Untersuchungen zum Skiunfall

In jeder Sportart sind Verletzungen unvermeidlich, aber gerade im Skisport können die Verletzungszahlen durch genaue Anpassung von Skischuh und Ski, und genügende Vorbereitung des Sportlers stark reduziert werden.

Von Asang (1,2,3) wurden umfangreiche Untersuchungen und Verlaufsstatistiken zum Unfallgeschehen im alpinen Skisport durchgeführt. Asang sieht in der Zunahme der Aufstiegshilfen, wie Lift, Seilbahn usw., einen Grund für die starke Zunahme der

Unfallzahlen, da hierdurch einer breiten Masse von Skifahrern viele Abfahrten pro Tag ermöglicht werden.

Genaue Untersuchungen über das Bruchverhalten der menschlichen Tibia wurden von Hauser (9) und Asang (3) durchgeführt, deren Ergebnisse direkt in die Richtlinie Nr. 100 (8) für Skibindungen des Internationalen Arbeitskreises für Sicherheit im alpinen Skisport (IAS) mit einfließen.

Daß auch dadurch die Verletzungen im Alpinskiport abnehmen wird von Johnson (14) bestätigt, der ein Absinken der Verletzungsraten im Unterschenkelbereich zwischen 1972 und 1975 feststellte. Eine relative Zunahme von Knieverletzungen wird dabei als Folge des starken Absinkens von Verletzungen im Unterschenkelbereich angesehen.

1.3. Meßtechnik am Skischuh

Seit langem gilt der Skischuh als "neuralgischer Punkt" (4) in der Skisportausrüstung. Dem gegenüber stehen nur wenige meßtechnische Untersuchungen direkt am oder im Skischuh.

Neben Föhr (7), der erste Messungen im Skischuh mit Prothesen durchführte, konnte Schaff (21) 1984 genauere Ergebnisse über die Schaftsteifigkeit verschiedener Skischuhmodelle und deren Einfluß auf das Ski-Bindungs-System vorlegen. Schaff konnte zeigen, daß das Auslöseverhalten der Fersenbindung immer noch sehr stark vom jeweiligen Schuh und dessen Schaftsteifigkeit abhängt. Dabei warnte er vor zu weichen und zu harten Schäften, die das Auslöseverhalten der Fersenbindung ungünstig beeinflus-



sen.

Eine ausführliche Analyse des Skisturzes mit Frontalaufprall stellte Menke 1985 vor (18). Er fand, daß die Achillessehne bei Frontalstürzen an die Grenzen ihrer Reißfestigkeit gebracht wird, bevor die Fersenbindung auslöst.

Bis auf die Messungen von Schaff (21) liegen bisher keine Untersuchungen vor, bei denen großflächig Drücke und Druckverläufe direkt im Skischuh gemessen werden konnten.

1.4. Problemstellung

Etwa 80% der Bevölkerung in der BRD haben deutliche, erworbene Fußdeformitäten (6). Diese Tatsache macht klar, daß auch im Skischuh immer wieder starke Beschwerden im Sohlenbereich und im Ristbereich auftreten. Die immer noch ungenügende Fußbettgestaltung in alpinen Skischuhen (13) führt zu Einengungen im Vorfußbereich und Druckstellen im Ristbereich, die zu Störungen der Blutzirkulation, bis hin zu Neuritiden und Tendovaginitiden führen können (16).

Um diese Druckstellen, oder überhaupt die Drücke im Skischuh objektivieren zu können, sind Druckmessungen direkt unter der Fußsohle bzw. im Ristbereich, innerhalb des Skischuhs, unerlässlich.

1.5. Zielsetzung der Arbeit

Es soll die Entwicklung eines neuen Druckmeßverfahrens aufgezeigt werden, das die Möglichkeit bietet, direkt unter der Fußsohle, am Rist, oder am Skischuhschaft Drücke zu messen und diese in geeigneter Weise darzustellen.

Labormessungen mit diesem Druckmeßverfahren, an einem Kollektiv von Probanden mit möglichst unauffälligen Füßen, sollen zunächst einen Überblick über die qualitative Druckverteilung im Skischuh schaffen. Danach soll eine quantitative Auswertung zu genaueren Aufschlüssen über die Drücke an der Skischuhsohle verhelfen.

Ein Vergleich des Normalkollektivs mit Probanden mit größeren Fußdeformitäten soll deren Einfluß auf die Druckverteilung im Skischuh klären und schließlich helfen, Vorschläge für eine orthopädisch gerechtere Fußbettgestaltung zu machen.

2. Das kapazitive Druckmeßverfahren

2.1. Entwicklung des Systems

Erste Versuche, die Druckverteilung unter der Fußsohle sichtbar zu machen, unternahm Morton 1930 (19), indem er mit Hilfe von Kohlepapier einen Abdruck des Fußes auf Papier anfertigte und so die Lage von Druckstellen sichtbar machte. Ebenfalls auf dem optischen Prinzip basiert der von Beierlein 1976 (5) verbesserte Meßstand, der durch die unterschiedliche Größe von abgeplatteten Pyramidenspitzen auf einer stabilen Glasplatte qualitative und quantitative Aussagen erlaubt. Nach dem piezoelektrischen Prinzip, bei dem die elektrischen Eigenschaften von Kristallen unter Druck ausgenutzt werden, arbeitete die Meßanlage von Hennig und Mitarbeitern (12). Das Prinzip der Druckmessung mit Hilfe sich überkreuzender Leiterbahnen, die in ein flexibles Dielektrikum eingebettet sind, wurde erstmals von Nicol und Hennig 1976 vorgestellt (20). Aber auch mit dieser ersten kapazitiven Druckmeßanlage waren nur ortsfeste Messungen, also keine Messungen im Schuh möglich.

Stummbaum und Diebschlag entwickelten 1980 Kraftaufnehmer, die auf den Prinzipien der Induktivität aufbauten und so dünn waren, daß damit im Schuh gemessen werden konnte (24,6). Die Weiterentwicklung der starren, ortsfesten Meßmatte auf kapazitiver Basis zur flexiblen Meßmatte, wurde von Schaff 1984 beschrieben (21). Umfangreiche Messungen im Schaftbereich alpiner Skischuhe wurden mit dieser EMED-Meßanlage der Firma novel in München durchgeführt (10) und ein darauf aufbauendes, standar-

tisiertes Meßsystem zur Skischuhtestung von Schaff 1986 (23) vorgestellt.

Parallel dazu wurde von Kirsch 1985 (22) im Rahmen eines Forschungsprojekts, das vom Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) unterstützt wurde, die Weiterentwicklung eines Pedografiegerätes mit einer ebenen Meßplattform vorgestellt. Unter Leitung der novel GmbH wurden dabei in der Staatlichen Orthopädischen Klinik München (Leitung: Prof. Rosemeyer) rheumatische Vorfußdeformitäten untersucht und objektiviert (15) und im Institut für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München (Leitung: Prof. Müller-Limmroth, Projektleiter: Prof. Diebschlag) Möglichkeiten zur Fußdatenerfassung untersucht (11).

2.2. Funktion und Aufbau des Druckmeßsystems

Die einzelnen Druckmeßfühler bestehen aus Plattenkondensatoren, die mit Hilfe sich überkreuzender Leiterbahnen matrixförmig angeordnet sind. Jede Kreuzungsstelle der Leiterbahnen, stellt einen Kondensator dar, wobei die Leiterbahnen durch ein flexibles Dielektrikum aus Schaumstoff voneinander getrennt sind. (Abb.2)

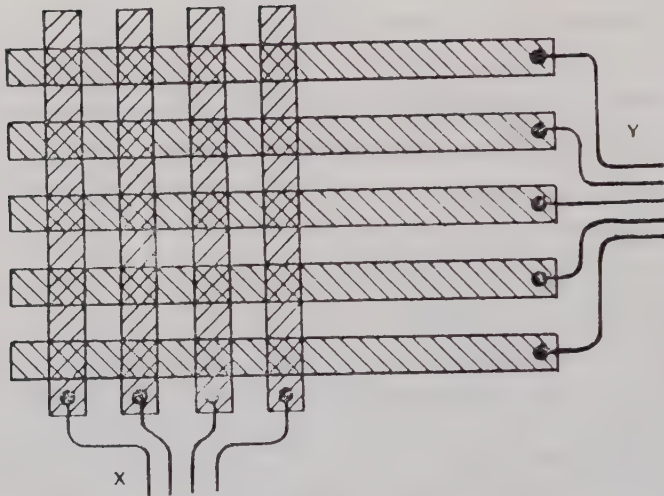


Abbildung 2: Die Anordnung der Leiterbahnen in Matrixform

Durch Druck auf die Meßmatte, ändert sich die elektrische Kapazität der Kondensatoren, die elektronisch aufbereitet und gemessen wird (siehe auch (21)).

Die Meßdaten können gespeichert und auf dem Monitor angezeigt werden. Zusätzlich kann ein Drucker angeschlossen werden, um die Daten grafisch als Druckverteilungsbild darzustellen.

Die Ausgabe der Daten erfolgte zunächst in Skalenteilen, die nach Eichung in N/cm^2 abgelesen werden konnten. Bei einer neueren Version des Druckverteilungssystems, der EMED-F-Anlage, ist die Eichkurve bereits in die Software integriert, wodurch die Eichung von Hand entfällt.

Die Programmierung der neuen EMED-F-Druckmeßanlage beinhaltet

weitere Möglichkeiten, die die Auswertung der Druckmeßdaten erleichtern. Neben der geeichten Ausgabe der Daten in N/cm^2 , können die Gesamtkraft, der maximal erreichte Druck und eine grafische Darstellung dieser Daten über die Zeit, direkt abgelesen werden. Zudem ist eine Darstellung des Druckverteilungsbildes als 3-D-Plot, einer dreidimensionalen "Gebirgedarstellung" der Druckwerte möglich. (Abb. 3)

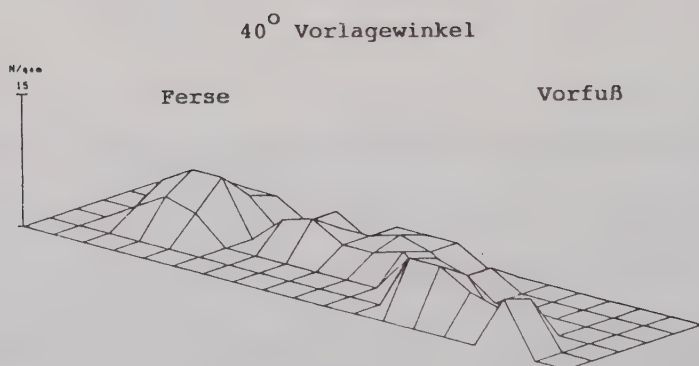
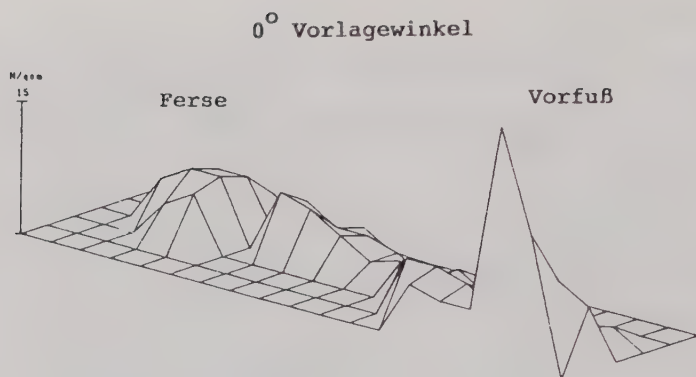


Abbildung 3: Darstellung der Daten als 3-D-Plot, bei kleinem und bei großem Vorlagewinkel:

Bei großem Vorlagewinkel wird die Druckspitze unter dem Vorfußbereich niedriger, das "Gebirge" insgesamt etwas flacher, der Vorfuß wird also entlastet. (siehe 3.5.2.)

2.3. Die verschiedenen, verwendeten Druckmeßmatten

Nach der Innenschuhsohle eines Skischuhs der Größe 42 wurde von der Firma novel GmbH eine Druckmeßmatte hergestellt, deren Leiterbahnen sich in Matrixanordnung überkreuzten. Mit dieser Druckmeßmatte wurden erstmals Druckverteilungsmessungen im Skischuh, direkt unter der Fußsohle möglich.

Um jedoch die dünnen Kupferleiterbahnen nicht zu zerreißen, durfte die Matte nur geringfügigen Biegekräften ausgesetzt werden. Da im Skischuh durch die steife Sohle keine Verbiegungen vorkommen, andererseits aber das Skischuhfußbett mit seinen verschiedenen Krümmungen in die Messungen miteinbezogen werden sollte, war die Matte nur bedingt für die vorgesehenen Messungen geeignet. (Abb. 4)



Abbildung 4: Die erste Sohlenmeßmatte in Matrixanordnung

Den Anforderungen einer elastischen Meßmatte, die sich dem Fußbett des Skischuhs anpaßte und zusätzliche Messungen mit Schuheinlagen zulassen sollte, konnte nur durch eine Mattenkonstruktion mit Einzelsensoren nachgekommen werden.

15 Einzelsensoren, die nach demselben kapazitiven Druckmeßsystem arbeiten, wie die Druckmeßmatte in Matrixanordnung, wurden in Schaumstoff eingebettet, das dieselbe Elastizität hatte, wie das Dielektrikum der Druckaufnehmer. Nach den zu erwartenden Druckverteilungen, wurden die Sensoren vor allem im Zehen-, Ballen- und Fersenbereich angeordnet. (Abb. 5)

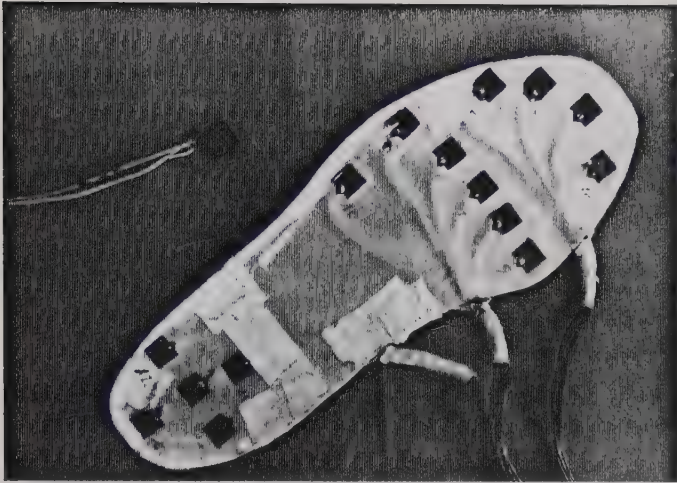


Abbildung 5: Ein einzelner Sensor und die Einzelpunktmeßmatte

Mit dieser Matte ist es möglich, das im Skischuh vorhandene Fußbett in die Messungen einzubeziehen und so sehr praxisnahe Versuche durchführen zu können.

Der eindeutige Nachteil der Einzelpunktmatte besteht darin, daß nur im Bereich der 15 Sensoren direkte Aussagen über die dortigen Drücke gemacht werden können. Für die Bereiche zwischen benachbarten Sensoren, können die Drücke nur näherungsweise angegeben werden. Ganze Bereiche der Fußsohle, wie ein Teil des lateralen Fußrandes und das Fußlängsgewölbe bleiben bei dieser Meßmatte unberücksichtigt.

Etwa ein Jahr nach Beginn der Messungen, die durch einige Defekte an den Matten unterbrochen waren, konnte in Zusammenar-

beit mit novel eine neue Mattenkonstruktion gefunden werden, die hohe Meßstellendichte und genügende Elastizität der Meßmatte in sich vereint.

Auch bei dieser Druckmeßmatte werden die Druckaufnehmer durch die Kreuzungsstellen der Leiterbahnen in Matrixanordnung gebildet. Die Leiterbahn zwischen den Kreuzungsstellen wird allerdings sehr schmal und schleifenförmig liegend ausgebildet. Diese Leiterschleife stellt auch bei stärkeren Biegekräften eine gute Zugentlastung dar. (Abb. 6)

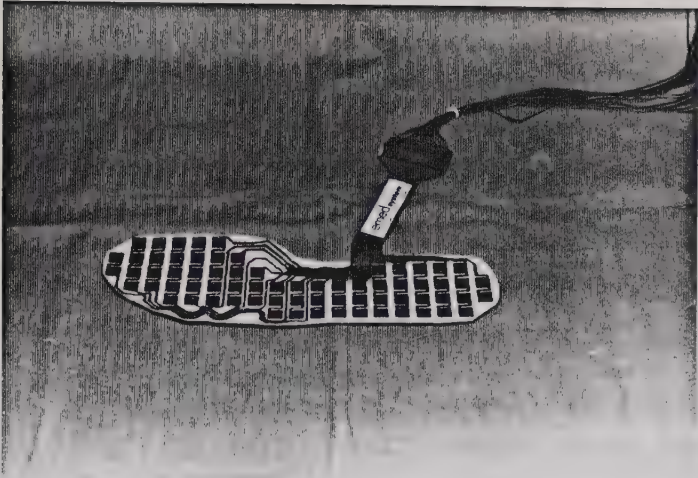


Abbildung 6: Sohlenmeßmatte mit Zugentlastung der Leiterbahnen

Mit dieser Matte in Verbindung mit der EMED-F-Anlage waren erstmals sehr genaue und gut auswertbare Messungen möglich, die auch zeitlich in einem für den Probanden akzeptablen Rahmen gestaltet werden konnten.

3. Eigene Untersuchungen zur Druckverteilung im Skischuh

3.1. Ziel der Untersuchungen

Zunächst soll anhand von Probanden mit möglichst unauffälligen Füßen grundsätzlich Aufschluß über die Druckverteilung im Skischuh gewonnen werden. Es soll herausgefunden werden, ob Stellen mit besonders hoher und besonders niedriger Druckbelastung existieren.

Sodann soll der Einfluß des Schnallenschlusses und des Vorlagewinkels untersucht werden.

Ein Vergleich verschiedener Skischuhtypen ist ebenfalls notwendig.

Anschließend wird mit den gleichen Versuchen der Einfluß stärkerer Fußdeformitäten auf die Druckverteilung untersucht.

Mit Hilfe der Versuchsergebnisse sollen, soweit dies möglich ist, Vorschläge für eine orthopädisch gerechtere Fußbettgestaltung im Skischuh gemacht werden.

3.2. Auswahl und Einteilung der Probanden

Durch die Fertigung der Meßmatten nach Schuhgröße 42, konnten nur Probanden mit dieser Schuhgröße ausgewählt werden. Die Suche nach weibliche Probanden mit Schuhgröße 42 blieb erfolglos, weshalb nur männliche Probanden untersucht wurden.

Um starke Fußdeformitäten festzustellen, wurden die Füße der Probanden grob klinisch untersucht. Zur genaueren Orientierung

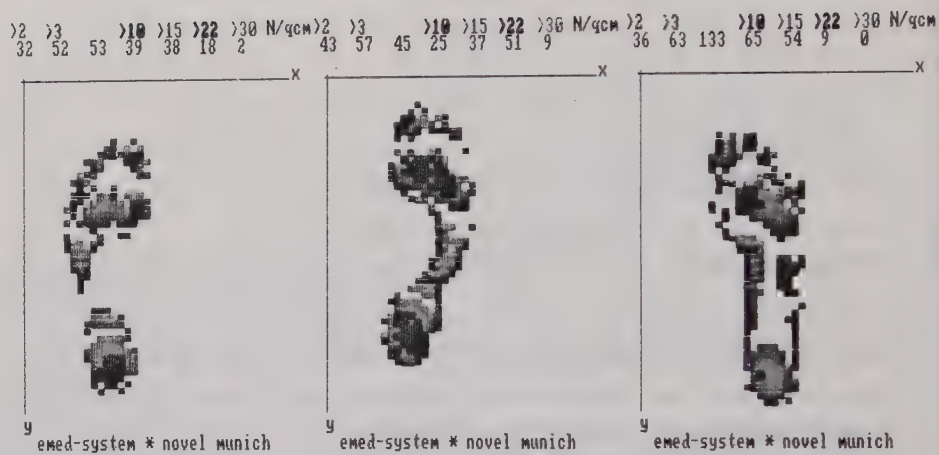
über die Stärke der Fußdeformität, wurde auf der EMED-Bodenmeßplattform ein Abrollvorgang des Probanden aufgezeichnet. Dazu geht der Proband mit gleichmäßigen Schritten barfuß über die Meßplatte. Der Abrollvorgang wird dabei in Einzelbilder aufgeteilt und abgespeichert (siehe auch (22)). Bereits aus dem Maximalsummenbild des Abrollvorgangs, kann die Stärke der Fußdeformität leicht abgelesen werden. Beim Maximalsummenbild werden die maximal erreichten Drücke jedes Sensors in einem Bild auf dem Monitor gleichzeitig dargestellt.

Leider konnten insgesamt nur neun Probanden untersucht werden. Dies rührt einerseits aus der langen, etwa drei Stunden dauernden Meßreihe, mit zum Teil anstrengenden und unbequemen Messungen her, und zum anderen aus störungs- und reparaturbedingten wochenlangen Stillständen der Meßanlage.

Von den neun Probanden ist einer mit einem stark ausgeprägten Senkspreizfuß behaftet, der bereits bei der Untersuchung mit Einlagen versorgt war.

Ein weiterer Proband hat einen stark ausgeprägten Spreizfuß, der aber keine Beschwerden bereitet.

Bis auf einen Probanden mit einem nahezu unauffälligen Fuß, ließen sich bei allen weiteren Probanden mäßige, bis mittelstarke Spreizfüße nachweisen. (Abb. 7)



unauffälliger
Fuß

mäßiger
Spreizfuß

starker
Senkspreizfuß

Abbildung 7: Maximalsummenbilder verschiedener Probanden

3.3. Versuchsaufbau

Die Sohlenmeßmatte wird in den vorgesehenen Skischuh eingelegt und mit Tape fixiert. Während der Messungen ist der Schuh in einen Ski eingespannt. Der Kabelbaum der Matte wird seitlich, um möglichst wenig Druckschmerz zu erzeugen, aus dem Skischuh-schaft herausgeführt und an die EMED-Meßelektronik angeschlossen.

Die EMED-Meßelektronik ist mit einem Computer mit Monitor, einer Floppy-Disk zur Datenspeicherung und einem Farbdrucker verbunden. An eine Version der EMED-Anlage konnte auch ein Plotter angeschlossen werden, der die Meßdaten in eine gezeichnete, dreidimensionale "Gebirgedarstellung" (siehe Abb. 3) umsetzte. (Abb. 8)

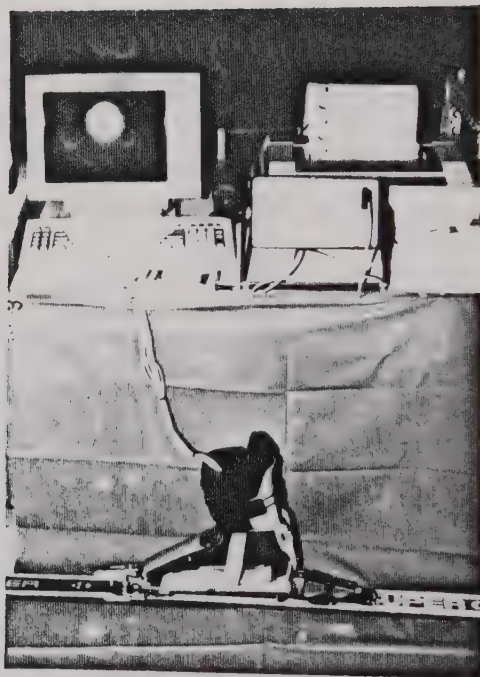


Abbildung 8: Kompletter Versuchsaufbau

3.4. Versuchsablauf

Vor Beginn der Messungen wurden Größe und Gewicht der Probanden, die alle Schuhgröße 42 haben, protokolliert. Dann wurde, wie bereits beschrieben, ein Abrollvorgang des Probanden auf der EMED-Bodenmeßplattform aufgezeichnet und gespeichert.

3.4.1. Vorversuche außerhalb des Skischuhs

Um die Druckverteilungsmessungen im Skischuh richtig einordnen und bewerten zu können, wurden Vorversuche auf der EMED-Bodenmeßmatte und der Sohlenmeßmatte außerhalb des Skischuhs durchgeführt.

Bei allen Versuchen dieser Reihe wurde der Einbeinstand gewählt, um die gesamte Gewichtskraft auf die Meßmatte zu bringen. Bei Messungen im Zweibeinstand hätte die Berücksichtigung der verbleibenden Gewichtskraft unter dem zu messenden Fuß zu technisch noch aufwendigeren Messungen geführt. Außerdem wären die Messungen mit dauernd wechselnder Gewichtskraft unter der Meßmatte, bedingt durch wechselnde Körperbalance, nicht direkt miteinander vergleichbar. Die Labormessungen im Einbeinstand sind durchaus praxisnah, denn auch auf der Skipiste bringt der Skifahrer während Kurvenfahrten, beim Umsteigen und bei starker Talskibelastung nahezu das gesamte Körpergewicht auf einen Ski. Der Proband steht aufrecht und barfuß im Einbeinstand auf der EMED-Bodenmeßmatte. Dann wird der Proband aufgefordert "stärker in die Knie zu gehen". Dabei muß besonders darauf geachtet werden, daß der Proband "skifahrtypisch", d.h. ohne zu große Verlagerung des Körperschwerpunktes nach vorne oder hinten in die Knie geht.

Die Winkelstellung der Tibiavorderkante zur Senkrechten wird dabei mit einem einfachen Winkelmesser festgestellt. Bei den Vorlagewinkeln 0° , 10° , 20° , 30° , 35° , und 40° wird jeweils ein Druckverteilungsbild abgespeichert.

Anschließend wird die Sohlenmeßmatte an die EMED-F-Anlage ange-

schlossen und zunächst noch außerhalb des Skischuhs auf den Boden gelegt. Der Proband wird aufgefordert, wieder im Einbeinstand genau auf der Sohlenmatte stehend, wie oben, die Vorlagewinkelstellungen 0° , 10° , 20° , 30° , 35° , 40° einzunehmen. Auch hier wird bei den angegebenen Vorlagewinkeln ein Druckbild aufgenommen. (Abb. 9)

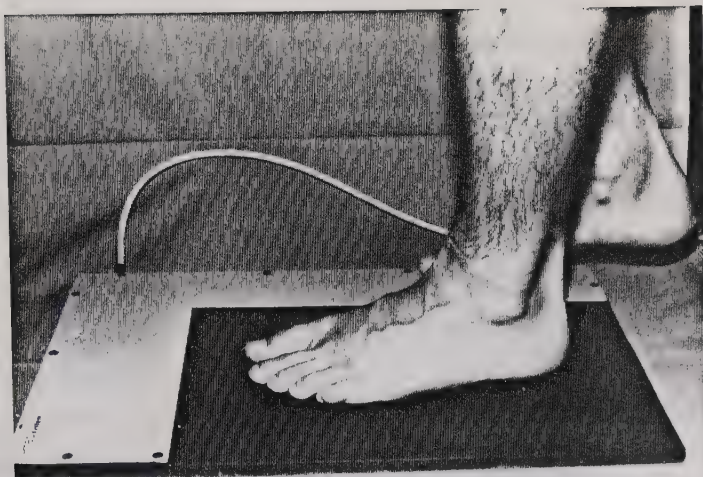


Abbildung 9: Einbeinstand auf der Bodenmatte und auf der Sohlenmatte

3.4.2. Auswahl der Skischuhe

Da nicht alle angeschriebenen Skischuhfirmen Testmodelle zur Verfügung stellten, stand nur eine begrenzte Auswahl bereit. Von diesen immerhin 17 Paar Skischuhen wurden drei Modelle ausgewählt, um mit den Messungen an diesen Schuhen einen repräsentativen Überblick zu gewinnen.

Der Skischuh Competition 3 F der Firma Dynafit stellt ein klassisches Mehrschnallenmodell für den sportlichen Fahrer dar. Die vier Schnallen ermöglichen beim Schließen des Stiefels ein Anpassen an individuelle Bedürfnisse. Zudem kann bei diesem Schuh mit einer Feder die Vorlagedämpfung eingestellt werden. Die eingestellte Vorlage kann beim Stehen am Lift auch aufgehoben werden, außerdem ist eine CantingEinstellung möglich, d.h. eine Neigung des Schaftes zur Seite.

Der Schuh Salomon SX 91, als zweites Exemplar ausgewählt, repräsentiert die recht populäre Klasse der Hinteneinstiegsmodelle, bei denen zum Einsteigen in den Schuh an der Schaftrückseite eine Klappe geöffnet wird. Auch bei diesem Schuh kann die Schaftsteifigkeit und damit die Vorlagedämpfung geändert werden. Trotzdem ist der Schuh mehr für bequemes Fahren ohne größere sportliche Ambitionen gedacht.

Der dritte ausgewählte Schuh, der Nordica Polaris, ist ein typisches Hochschaftmodell, das alle anderen Skischuhmodelle deutlich an Schafthöhe überragt. Dieser Schuh, bei dem mittels Klemmschraube die Vorlagedämpfung verändert werden kann, wird heute nicht mehr sehr häufig gefahren. (Abb. 10) Alle übrigen Modelle wurden lediglich mit drei Probanden vermessen, um auch

über diese Schuhe orientierende Messungen zu erhalten.



Abbildung 10: Die drei Skischuhmodelle Dynafit Competition 3 F,
Salomon SX 91, Nordica Polaris

3.4.3. Untersuchung über den Einfluß des Vorlagewinkels

Die Sohlenmeßmatte wird in den am Ski befestigten Skischuh eingelegt und fixiert. Der Proband steigt in den Skischuh und steht aufrecht im Einbeinstand mit dem zu messenden Fuß am Boden. Wie in den Vorversuchen beschrieben, wird der Proband wieder aufgefordert, ohne größere Verlagerung des Körperschwerpunktes immer stärker "in die Knie" zu gehen. Bei den Vorlagewinkeln 0° , 10° , 20° , 30° , 35° und 40° wird ein Druckverteilungsbild abgespeichert und ausgedruckt.

Nacheinander wird dieser Versuch bei jedem Probanden mit jedem der drei Skischuhe durchgeführt. Zusätzlich wurden bei drei Probanden alle weiteren Skischuhe der entsprechenden Größe mit demselben Versuch vermessen. (Abb.11)



Abbildung 11: Verschiedene Vorlagewinkelstellungen eines Probanden im Skischuh

3.4.4. Untersuchung über den Einfluß des Schnallenschlusses

Dieser Versuch wird parallel zum vorigen und in sehr ähnlicher Weise durchgeführt.

Zunächst wird aber der Einfluß des Schnallenschlusses auf die Druckverteilung am Fuß ohne Belastung durch das Körpergewicht untersucht. Dazu steigt der Proband in den mit der Meßmatte bestückten Skischuh und hält ihn ohne Ski und ohne Bodenkontakt in der Luft. Die Schnallen der Schuhe werden zuerst leicht, danach mittelstark und schließlich sehr fest, bis zur Schmerzgrenze, geschlossen. Bei jeder dieser Schnallenstellungen wird ein Druckbild aufgenommen und gespeichert.

Nun wird der Einfluß des Schnallenschlusses unter Belastung durch das Körpergewicht untersucht. Der Proband steigt mit seinem Skischuh in den am Boden liegenden Ski und nimmt einmal bei leichtem und einmal bei festem Schnallenschluß die festgelegten Vorlagewinkelstellungen 0° , 10° , 20° , 30° , 35° und 40° ein. Jedesmal wird ein Druckverteilungsbild abgespeichert.

3.4.5. Untersuchung über den Einfluß der CantingEinstellung

Der Skischuh Dynafit Competition 3 F besitzt die Möglichkeit die CantingEinstellung zu variieren. Bei der CantingEinstellung wird die Schaftneigung gegenüber dem Fußteil des Schuhs zur Seite, also nach lateral oder medial verändert. Der Sinn der CantingEinstellung ist, ständiges Verkanten der Ski bei verkrümmter Beinachse, wie X-Bein, oder O-Bein, zu vermeiden.

Zu diesem Versuch wurde bei aufrechtem Einbeinstand im Skischuh mit Meßmatte die Cantingeinstellung maximal in die eine bzw. die andere Richtung verstellt. In beiden Extremstellungen wurde ein Druckbild aufgenommen. (Abb. 12)

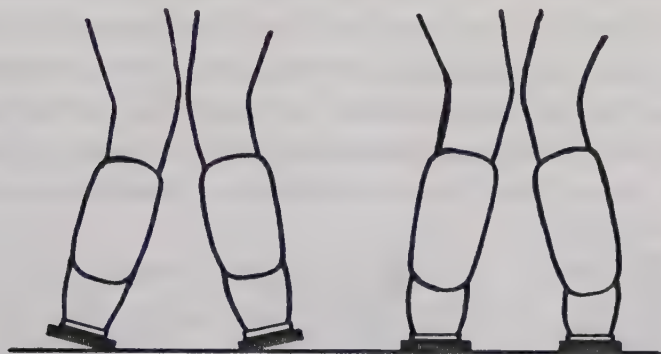


Abbildung 12: Verkanten der Ski durch X-Bein und Ausgleich durch Cantingeinstellung

3.4.6. Untersuchung über den Einfluß der Druckverteilung nach Versorgung mit einer Einlage

Für diese Versuche stand leider nur ein Proband zur Verfügung, dessen Skischuhe bereits mit angepaßten Einlagen versorgt waren.

Der Proband ist mit einem ausgeprägten Senkspreizfuß (siehe Abb. 7) behaftet, der ihm vor allem beim Gehen im Tourenskischuh starke Beschwerden bereitet. Deshalb wurde er mit einer Einlage für den Tourenskischuh mit stärkerer Spreizfußpelotte und besserer Längsgewölbeunterstützung versorgt. Mit dieser Einlage halten sich die Beschwerden des Probanden in erträglichen Grenzen.

Zunächst wurde die Druckverteilung des Probanden ohne Spreizfußeinlage untersucht. Dazu nahm der Proband, wieder im Einbeinstand, im Tourenskischuh mit Meßmatte die bekannten Vorlagewinkelstellungen ein, bei denen jeweils ein Druckverteilungsbild aufgenommen wurde.

Dann wurde der Versuch in gleicher Weise wiederholt, allerdings diesmal mit Spreizfußeinlage. Die Druckmeßmatte kam dabei zwischen Fußsohle und Einlage zu liegen.

3.4.7. Zusätzliche Messungen im Ristbereich

Um verschiedene, beobachtete Phänomene der Druckverteilung im Sohlenbereich besser belegen und abgrenzen zu können, wurden zusätzliche Druckmessungen im Ristbereich der Probanden durchgeführt. Dazu wurden am Fußrücken der Testperson vier Einzelsensoren mit Pflasterstreifen befestigt. Zwei dieser Sensoren wurden am lateralen bzw. medialen Fußrand in Höhe der Metatarsalköpfchen I und V befestigt. Der dritte Sensor wurde im vorderen Ristbereich zwischen den ersten beiden, und der vierte im hinteren Ristbereich, nahe der Ansatzstelle der Sehne des M. tibialis ant. befestigt. (Abb. 13)

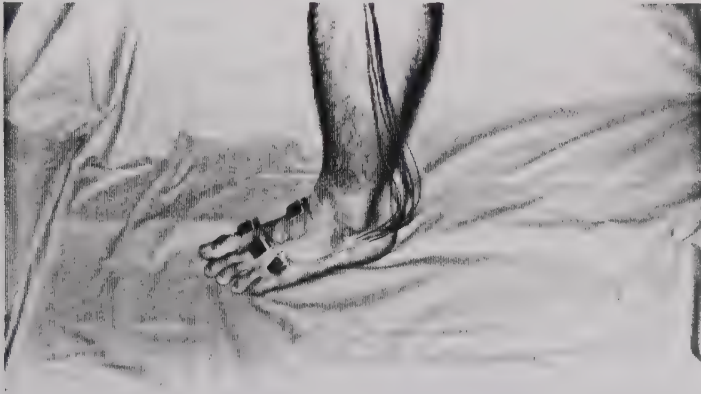


Abbildung 13: Die Positionen der zusätzlichen Einzelsensoren auf dem Fußrücken

Gleichzeitig mit den Ristdrücken wurden die Drücke unter der Sohle registriert. Bei diesen Versuchen mit zusätzlichen Ristmessungen, mußte aus technischen Gründen allerdings die Sohlenmeßmatte aus 15 Einzelsensoren (siehe Abb. 5) verwendet werden. Die Versuche laufen dann in gleicher Weise ab, wie die Untersuchungen über die Vorlagewinkel und über den Schnallenschluß. Bei den bekannten Vorlagewinkelstellungen 0° , 10° , 20° , 30° , 35° , 40° und bei verschieden starkem Schnallenschluß wurden gleichzeitig die Druckverteilungsmuster im Ristbereich und unter der Sohle gemessen und aufgenommen.

3.5. Auswertung der Versuche und Diskussion

3.5.1. Messungen außerhalb des Skischuhs

3.5.1.1. Ergebnisse

Der Proband steht barfuß im Einbeinstand auf der Bodenmeßmatte und beugt immer stärker seine Knie. Es zeigt sich dabei eine deutliche und kontinuierlich stattfindende Druckumverteilung von der Ferse auf den Vorfußbereich.

Das bedeutet:

- Bei 0° Vorlagewinkel großer Druck unter der Ferse
- Bei 40° Vorlagewinkel großer Druck unter dem Vorfuß

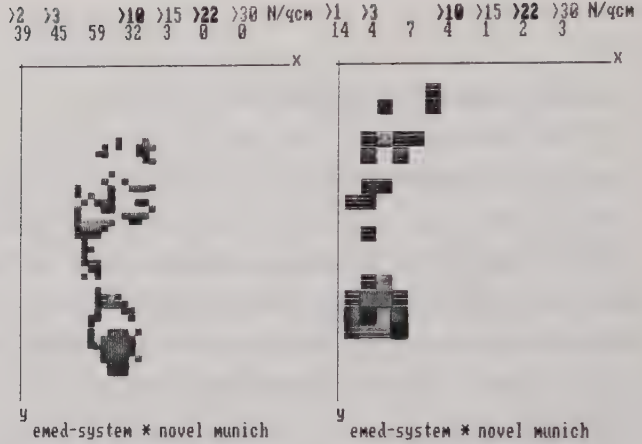
Während bei 0° Vorlage 80% - 95% des Körpergewichts auf der Ferse ruhen, wird bei größer werdenden Vorlagewinkeln der Druck unter der Ferse immer stärker abgebaut und auf den Vorfußbereich verlagert. Bei 40° Vorlage lastet nahezu das gesamte Körpergewicht (80% - 95%) auf dem Vorfuß. Diese Ergebnisse werden zusätzlich zum Druckverteilungsbild durch die auf dem Monitor angezeigte Gesamtkraft belegt, die während des ganzen Versuchs in etwa das Körpergewicht des Probanden anzeigt. Die Gesamtkraft wird mit der EMED-Software durch Integration der, auf die Sensoren wirkenden, Einzelkräfte über die belegte Fläche gebildet.

Diese Druckumverteilung von der Ferse auf den Vorfußbereich findet sich in gleicher Weise auf der EMED-Bodenmeßmatte, wie der EMED-Sohlenmeßmatte. (Abb. 14)

Bodenplattform

Sohlenmeßmatte

0° Vorlagewinkel



40° Vorlagewinkel

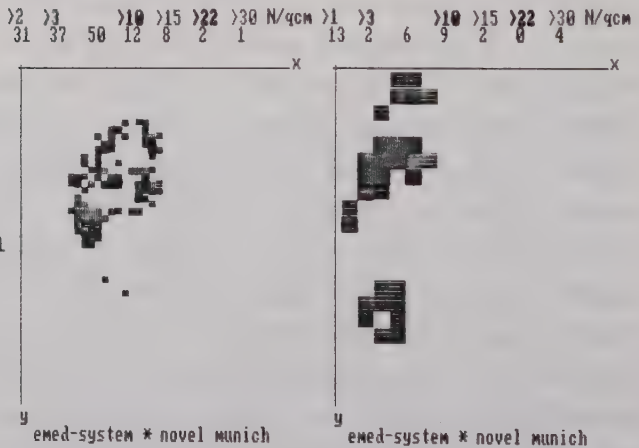


Abbildung 14: Druckverteilungsbilder außerhalb des Skischuhs, auf der EMED-Bodenplattform und der EMED-Sohlenmeßmatte: Bei 0° Vorlagewinkel ruht das Körpergewicht größtenteils auf der Ferse, bei 40° Vorlagewinkel auf dem Vorfuß

3.5.1.2. Diskussion

Die vorliegenden Versuche zeigen die Druckverteilung unter der Fußsohle außerhalb des Skischuhs, bei skifahrttypischer Körperhaltung. Obwohl der Proband seinen Schwerpunkt nicht, oder nur unmerklich verändert, verändert sich das Druckverteilungsbild so, wie wenn der Proband seinen Schwerpunkt immer weiter nach vorne verlagern würde.

Als Grund für die Druckverlagerung von der Ferse auf den Vorfuß, muß sowohl der immer stärker werdende Zug der Achillessehne, als auch eine, wenn auch unmerkliche Vorverlagerung des Körperschwerpunkts angenommen werden.

3.5.2. Der Einfluß des Vorlagewinkels auf die Druckverteilung unter der Sohle

3.5.2.1. Ergebnisse

Die Messungen im Skischuh wurden analog denen außerhalb des Skischuhs durchgeführt. Auch hier nimmt der Proband in skifahrttypischer Körperhaltung immer stärkere Vorlagewinkel ein.

Schon bei einem Vorlagewinkel von 0° , kann eine auffallende Beobachtung gemacht werden: Der Proband bringt durchschnittlich nur etwa 70% seines Körpergewichtes auf die Meßmatte im Skischuh. Dabei wurde die Gesamtkraft bei 0° Vorlagewinkel ins Verhältnis gesetzt zur Gesamtkraft einer Kontrollaufnahme bei 0° Vorlagewinkel außerhalb des Skischuhs auf derselben Sohlen-

meßmatte.

Während außerhalb des Skischuhs bei zunehmender Vorlage eine kontinuierliche Druckverlagerung von der Ferse auf den Vorfuß stattfindet, läßt sich dies im Skischuh nicht feststellen.

Die Ferse wird bei den Messungen im Skischuh in den meisten Fällen (95% der Versuche) im Winkelbereich von 0° bis etwa 20° zunehmend entlastet. In gleichem Maße wird bei kleinen Vorlagewinkeln der Vorfuß zunehmend belastet. (Abb. 15)

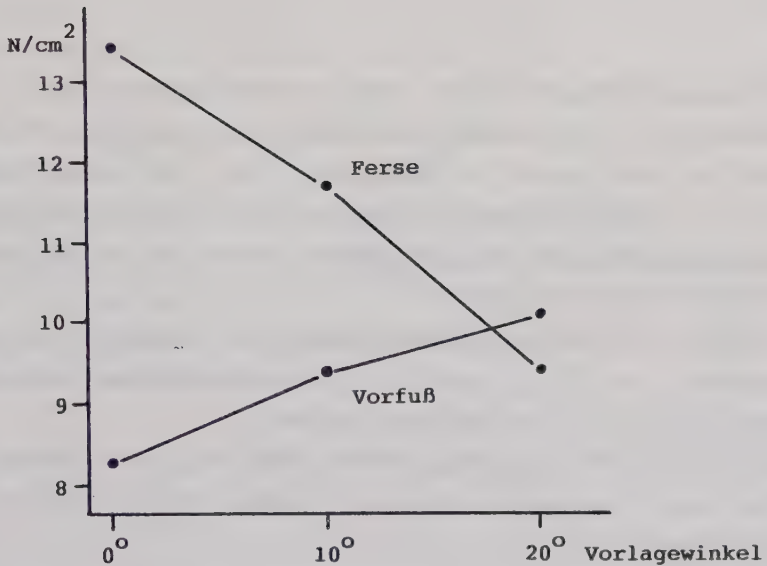


Abbildung 15: Verlauf des mittleren Drucks unter der Ferse und dem Vorfuß im Skischuh bei kleinen Vorlagewinkeln:

Während die Ferse zunehmend entlastet wird, steigt der Druck unter dem Vorfuß an.

Bei größeren Winkeln zwischen 20° und 40° läßt sich kein einheitlicher Druckverlauf erkennen. Bei einem Teil der Versuche wird die Ferse zunehmend entlastet, bei einem weiteren Teil nimmt der Druck unter der Ferse zu und bei einem relativ klei-

nen Teil pendelt der Druck zwischen Vorfuß und Ferse hin und her. Der höchste beobachtete Druck unter der Ferse betrug 29 N/cm^2 .

Der Druck unter dem Vorfuß nimmt, wie beschrieben, bei kleinen Winkeln ($0^\circ - 20^\circ$) beim überwiegenden Teil der Versuche deutlich zu. Bei großen Vorlagewinkeln ($20^\circ - 40^\circ$) findet sich unter dem Vorfuß zu etwa gleichen Teilen eine Druckzunahme, als auch eine Druckabnahme. Der höchste unter dem Vorfuß festgestellte Druck betrug 33 N/cm^2 .

Im Skischuh muß also zweckmäßigerweise zwischen kleinen Vorlagewinkeln von 0° bis etwa 20° und großen Vorlagewinkeln zwischen 20° und 40° unterschieden werden.

Bei kleinen Vorlagewinkeln findet, ähnlich wie außerhalb des Skischuhs, eine Verlagerung des Gewichtes von der Ferse auf den Vorfuß statt.

Bei großen Winkeln findet sich ein geteiltes Bild. Sowohl unter der Ferse als auch unter dem Vorfuß findet sich einesteils eine Druckzunahme und andernteils eine Druckabnahme. Die Kombination dieser Beobachtungen ergibt vier theoretisch mögliche Druckverläufe bei unterschiedlichen Probanden und großen Vorlagewinkeln, von denen drei auch tatsächlich in den Messungen vorkommen:

- Druckabnahme unter Vorfuß und Rückfuß:

Dieser Druckverlauf wird in 60% der Versuche beobachtet.

(siehe Abb. 16 und Abb. 3)

- Druckzunahme unter Vorfuß und Rückfuß:

Dieser Druckverlauf wird nur in 3% der Versuche beobachtet.

- Druckabnahme unter dem Rückfuß, gleichzeitig Druckzunahme unter dem Vorfuß:

Dieser Druckverlauf findet sich in 40% der Versuche.

- Druckzunahme unter dem Rückfuß, gleichzeitig Druckabnahme unter dem Vorfuß:

Dieser theoretisch mögliche Druckverlauf wird bei keinem Probanden beobachtet.

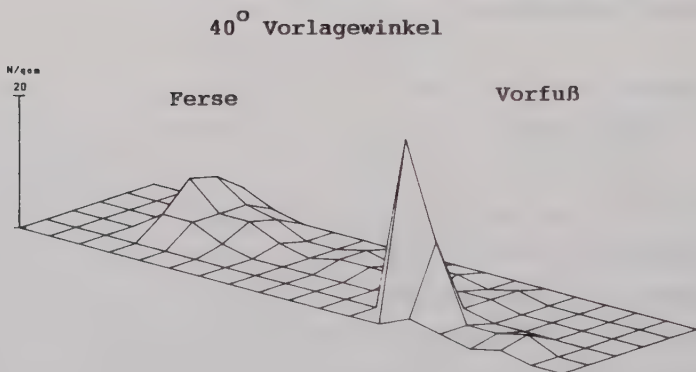
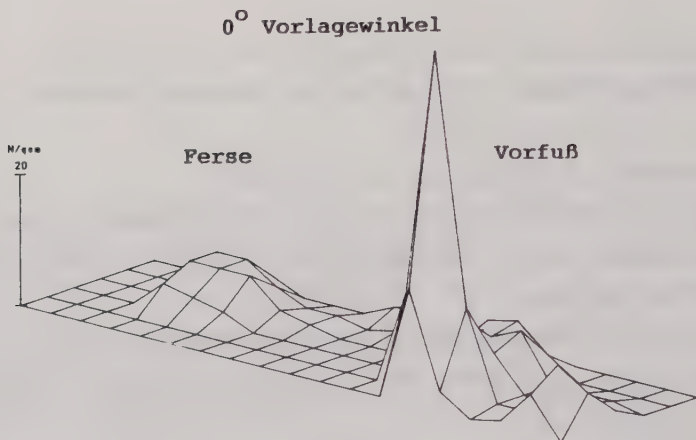


Abbildung 16: Darstellung der Daten als 3-D-Plot, bei kleinem und bei großem Vorlagewinkel:

Bei großem Vorlagewinkel wird das gesamte "Gebirge" flacher; sowohl unter dem Vorfuß, als auch unter dem Rückfuß nimmt der Druck ab.

3.5.2.2. Diskussion

Obwohl der Proband im Einbeinstand im Skischuh steht, bringt er nicht sein volles Körpergewicht auf die Meßmatte. Die Gesamtkraft im Skischuh beträgt nur etwa 70% der Gewichtskraft des Probanden. Es muß angenommen werden, daß bereits bei einem Vorlagewinkel von 0° der Skischuhschaft als abstützende Komponente für das Bein wirkt. Außerdem dürfte auch der Fußteil des Skischuhs den medialen und lateralen Fußrand so stark abstützen, daß nicht das gesamte Körpergewicht auf die Sohlenmeßmatte gelangt.

Der Druck unter der Ferse verläuft bei kleinen Vorlagewinkeln gegenläufig zum Druck unter dem Vorfuß. Der Fersendruck nimmt ab, während der Vorfußdruck zunimmt (siehe Abb. 15). Diese Druck- und Gewichtsverlagerung bei Vorlagewinkeln zwischen 0° und 20° läßt sich mit der außerhalb des Skischuhs vergleichen. Eine Erklärung dafür läßt sich in der Konstruktion der Skischuhschale finden. Bei kleinen Vorlagewinkeln besitzt der Skischuhschaft noch keine große Steifigkeit und setzt damit der Beugung des Unterschenkels wenig Widerstand entgegen. Bei kleinen Vorlagewinkeln wird die Skischuhschale auch noch sehr wenig verformt und behindert damit den Fuß und den Unterschenkel nur unwesentlich in ihren physiologischen Bewegungsabläufen. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn die Druckverteilung unter der Fußsohle, im Skischuh, bei kleinen Vorlagewinkeln sehr ähnlich der außerhalb des Skischuhs ist.

Bei großen Vorlagewinkeln zwischen 20° und 40° finden sich drei

verschiedene Druckabläufe, deren Erklärung getrennt versucht werden soll.

Druckabnahme unter Vor- und Rückfuß:

Es muß angenommen werden, daß bei einem Teil der Probanden der Fuß bei großen Vorlagewinkeln aus dem Skischuh nach oben herausgehebelt wird. Die Gewichtskraft wird dabei immer stärker vom Skischuhschaft abgefangen. Der Grund für dieses Heraushebeln wäre möglicherweise darin zu suchen, daß der Drehpunkt des Skischuhschaftes über dem Drehpunkt des Fußes, der Malleolengabel, liegt und damit den Fuß nach hinten oben drückt. Dieser Verlauf der Druckverteilung wird am häufigsten (60% der Versuche) beobachtet und ist auch nicht auf bestimmte Skischuhmodelle beschränkt. (Abb. 17)

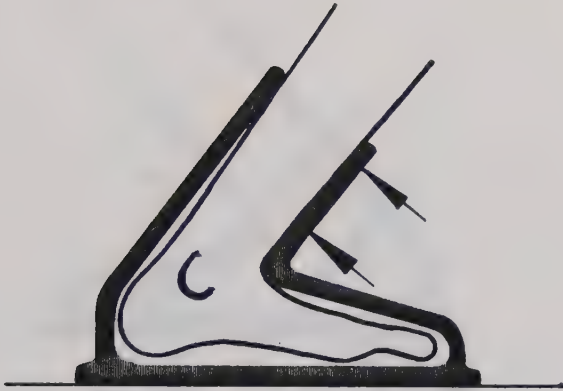


Abbildung 17: Heraushebeln des Fußes aus dem Skischuh nach hinten oben, durch vermehrte Abstützung am Skischuhschaft bei großen Vorlagewinkeln

Druckzunahme unter Vor- und Rückfuß:

Bei einem Teil der Probanden geschieht genau das Gegenteil wie vorher. Der Fuß wird nicht von der Unterlage abgehoben, sondern stärker auf die Skischuhsohle gepreßt. Vermutlich durch sehr starke Verformung der Skischuhschale mit großem Druck auf den Ristbereich, wird der Fuß bei großen Vorlagewinkeln auf die Unterlage gedrückt. Diese Druckverteilung wird vor allem bei Probanden mit hohem Rist beobachtet und kommt insgesamt sehr selten vor (3% der Versuche). (Abb. 18)

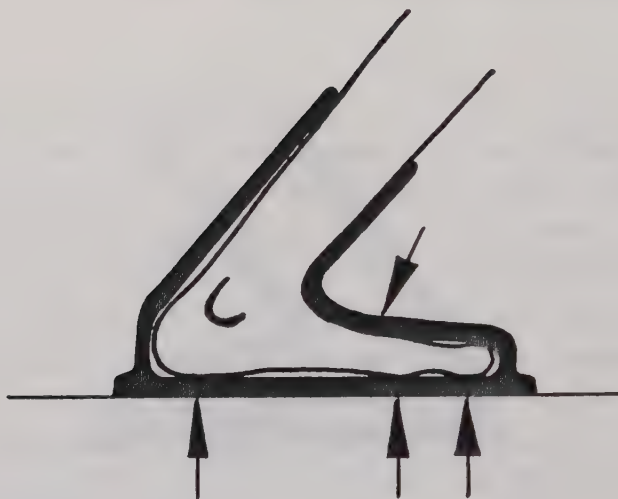


Abbildung 18: Durch hohen Druck auf den Ristbereich, wird der Fuß stark auf die Unterlage gepreßt

Druckabnahme unter dem Rückfuß, gleichzeitig Druckzunahme unter dem Vorfuß:

In diesen Fällen beobachtet man eine Druckverlagerung von der Ferse auf den Vorfuß, ähnlich der Druckverlagerung bei kleinen Vorlagewinkeln und der außerhalb des Skischuhs. Die Gewichtsverlagerung von der Ferse auf den Vorfuß, die bereits bei kleinen Vorlagewinkeln beobachtet wird, setzt sich hier auch bei großen Vorlagewinkeln weiter fort.

Vermutlich wird dabei, bei relativ zu großer Paßform des Schuhs, die Ferse aus dem Skischuh herausgezogen. Die Abstüt-

zung des Fußes erfolgt dann praktisch nur noch über den Vorfuß (40% der Versuche). (Abb. 19)

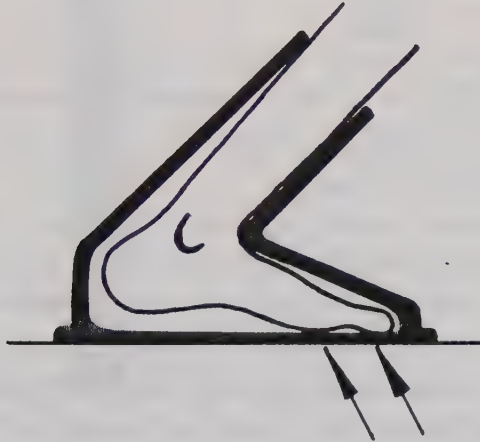


Abbildung 19: Gewichtsverlagerung auf den Vorfuß bei großen Vorlagewinkeln, oder bei zu großer Paßform des Schuhs

3.5.3. Der Einfluß des Schnallenschlusses auf die Druckverteilung im Skischuh

3.5.3.1. Ergebnisse

Zunächst wurde der Einfluß des Schnallenschlusses ohne Belastung des Fußes untersucht. Bei hochgehaltenem Skischuh, also ohne Belastung durch das Körpergewicht wurden die Schnallen verschieden stark geschlossen.

Die Gesamtkraft steigt zwischen leichtem und sehr festem Schnallenschluß durchschnittlich von etwa 3 kp bis etwa 12 kp bei verschiedenen Probanden an. Bemerkenswert ist, daß die Zunahme der Gesamtkraft nicht linear, sondern progressiv erfolgt. Die Druckzunahme zwischen leichtem und mittlerem und mittlerem und festem Schnallenschluß steigt um nahezu das dreifache an. (Abb. 20)

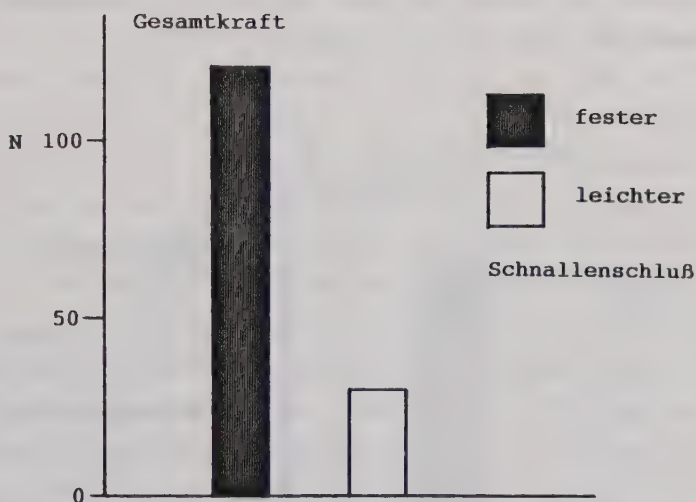


Abbildung 20: Die Gesamtkraft unter der Fußsohle bei verschiedenem Schnallenschluß, ohne Belastung

Die Ergebnisse von vorher, bei denen allein durch den Schnallenschluß die Gesamtkraft unter dem Fuß um etwa 9 kp zunimmt, können nicht auf die Situation bei belastetem Fuß übertragen werden.

Steht der Proband mit vollem Körpergewicht im Skischuh (Einbeinstand), so ist im überwiegenden Teil der Fälle sogar eine Abnahme der Gesamtkraft bei festem Schnallenschluß gegenüber leichtem Schnallenschluß festzustellen (70% der Versuche mit Mehrschnallenmodellen). Bei den restlichen Versuchen nimmt die Gesamtkraft bei festem Schnallenschluß geringfügig zu, oder

bleibt gleich. In keinem Fall korreliert die Kraftzunahme bei unbelastetem Fuß direkt mit der Änderung der Gesamtkraft bei belastetem Fuß. (Abb. 21)

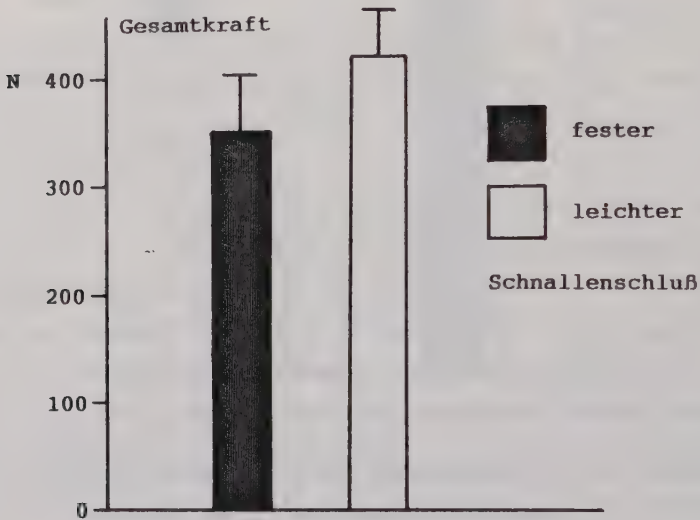


Abbildung 21: Gesamtkraft unter der Fußsohle bei verschiedenem Schnallenschluß unter Belastung:

Die Gesamtkraft bei leichtem Schnallenschluß ist höher, als bei festem Schnallenschluß.

3.5.3.2. Diskussion

Eine mögliche Erklärung dieses ungewöhnlichen Phänomens, daß bei belastetem Fuß die Gesamtkraft unter dem Fuß bei festem Schnallenschluß eher niedriger ist, als bei leichtem Schnallenschluß, findet sich in der Konstruktion der Skischuhschale.

Die Skischuhschale gleicht im Fußbereich einer Röhre, die an der Oberseite längs aufgeschnitten ist und deren Schnittkanten sich bei stärkerem Schnallenschluß überlappend gegeneinander verschieben. Dabei wird der Querschnitt der Röhre verkleinert. Durch diesen Mechanismus wird also der Fuß nicht primär auf die Sohle gedrückt, sondern eher der Druck an der Lateral- und Medialseite des Fußes von unten her erhöht und damit der Fuß von der Unterlage abgehoben.

Möglicherweise verhindert auch der, bei starkem Schnallenschluß, enger werdende Skischuhschaft, daß der Fuß stärker auf die Sohle gedrückt wird.

Warum aber bei unbelastetem Fuß doch eine Druckzunahme beobachtet wird, kann nur spekulativ beantwortet werden. Möglich wäre, daß bei unbelastetem Fuß die Kraftkomponente, die den Andruck des Fußes auf die Sohle erhöht, überwiegt, während bei vorhandener Gewichtskraft die abstützende Komponente der enger werdenden Schale überwiegt. (Abb. 22 und 23)

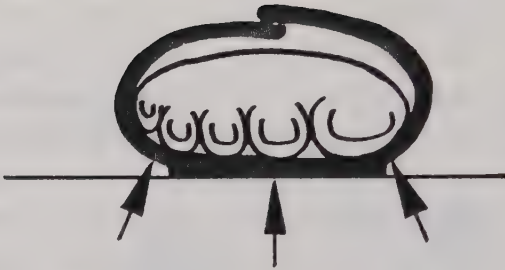


Abbildung 22: Leichter Schnallenschluß bzw. weite Paßform des
Skischuhs:
Hoher Druck unter der Fußsohle

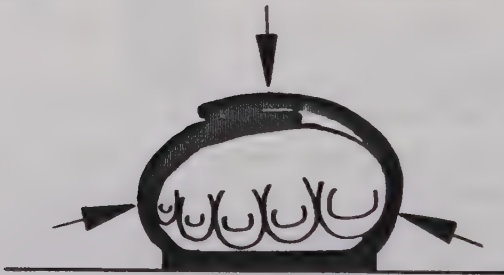


Abbildung 23: Fester Schnallenschluß bzw. enge Paßform des
Skischuhs:
Hoher Druck an der Lateral-, bzw. Medialseite des
Fußes und am Rist, während die Sohle entlastet
wird.

3.5.4. Die Druckverteilung im Skischuh nach Versorgung mit einer Einlage

3.5.4.1. Ergebnisse

Leider konnte, wie bereits erwähnt, diese Versuchsreihe nur mit einem Probanden durchgeführt werden, bei dem die Versorgung mit einer entsprechenden Einlage bereits vorgegeben war.

Die Druckverteilung ohne Einlage:

Das Druckverteilungsmuster dieses Probanden im Tourenskischuh ohne Einlage unterscheidet sich prinzipiell nicht von dem anderer Probanden in alpinen Skischuhen.

Bei diesem Probanden wird der Fuß bei größer werdenden Vorlagewinkeln zunehmend von der Unterlage abgehoben, die Gesamtkraft nimmt also ab. Es zeigt sich in den Druckverteilungsbildern allerdings keinerlei "Abbild" des Senkspreizfußes. Weder das Längsgewölbe, mit einem Druck von maximal 9 N/cm^2 noch das Quergewölbe mit einem Maximaldruck von 8 N/cm^2 treten ungewöhnlich stark hervor.

Die Druckverteilung mit Einlage:

Auch mit der bereits beschriebenen Spreizfußeinlage nimmt die Gesamtkraft bei größeren Vorlagewinkeln ab. Insgesamt liegt die Gesamtkraft etwa 1 kp höher als bei dem Versuch ohne Einlage. Auch die vom Fuß belegte Fläche auf der Meßmatte wird bei Benutzung der Einlage etwas höher. Dies macht sich vor allem unter dem Längsgewölbe bemerkbar, das stärker hervortritt. Ein

Einfluß der Spreizfußpelotte ist nicht erkennbar, der Vorfuß berührt nur mit sehr geringem Druck die Meßmatte.

3.5.4.2. Diskussion

Sehr große Aussagekraft kann dieser Versuchsreihe nicht zugestanden werden, da sie nur mit einem einzigen Probanden durchgeführt wurde.

Leider läßt sich der vorhandene Senkspreizfuß der auf der EMED-Bodenmeßmatte sehr deutlich belegt wurde (siehe Abb. 7), im Skischuh nicht wiederfinden. Das Druckverteilungsmuster des Senkspreizfußes im Skischuh läßt sich nicht von einem Normalfuß unterscheiden, da der Vorfußbereich nur mit sehr geringen Drücken imponiert.

Entsprechend gering ist auch die Änderung des Druckmusters im Schuh mit Einlage. Lediglich das betonte Längsgewölbe tritt stärker hervor und belegt damit, daß hier eine Abstützung erfolgt.

Möglicherweise rühren die Schmerzen, die der Proband als "diffus im ganzen Vorfußbereich" beschreibt, daher, daß die Skischuhschale den Senkspreizfuß an der Medial- und Lateralseite zu stark einengt und ihn damit unerwünschterweise überkorrigiert. Damit wären auch die niedrigen Drücke unter dem Quergewölbe des Senkspreizfußes erklärt. Die möglicherweise zu hohen Drücke an der Medial- und Lateralseite des Fußes werden aber von der Sohlenmeßmatte nicht mehr erfaßt.

Da die Schmerzen vor allem beim Gehen mit den Tourenskischuhen

auftreten, wäre es auch möglich, daß diese dynamischen Belastungen bei den statischen Messungen im Labor nicht genügend erfaßt werden.

Dynamische Messungen unter Funktion auf der Piste, bei denen auch höhere Kräfte zu erwarten sind, können derartige Fußdeformitäten im Skischuh besser belegen und einordnen helfen.

3.5.5. Vergleich verschiedener Skischuhtypen

3.5.5.1. Vorbemerkung

Druckverteilungsmessungen im Schaftbereich haben gezeigt, daß es sinnvoll ist, die Skischuhe in traditionelle Mehrschnallenmodelle und sogenannte Hinteneinsteiger einzuteilen (21). Die Hinteneinsteiger zeigten dabei große Drücke nahe der Schaftoberkante, was darauf hin deutet, daß diese Schuhe ein großes Drehmoment auf die Skischuhssole übertragen.

Traditionelle Schuhmodelle bewirken große Drücke an der Schaftunterseite, nahe der Malleolengabel und übertragen damit ein kleineres Drehmoment auf die Sohle als Hinteneinsteiger.

Mit den Messungen im Schaftbereich konnte nicht geklärt werden, ob die unterschiedlichen Drehmomente über die Skischuhschale, oder über den Fuß übertragen werden. Ziel des Vergleichs verschiedener Skischuhtypen war es unter anderem, diese Drehmomentübertragung auf den Ski genauer zu klären. (Abb. 24 und 25)

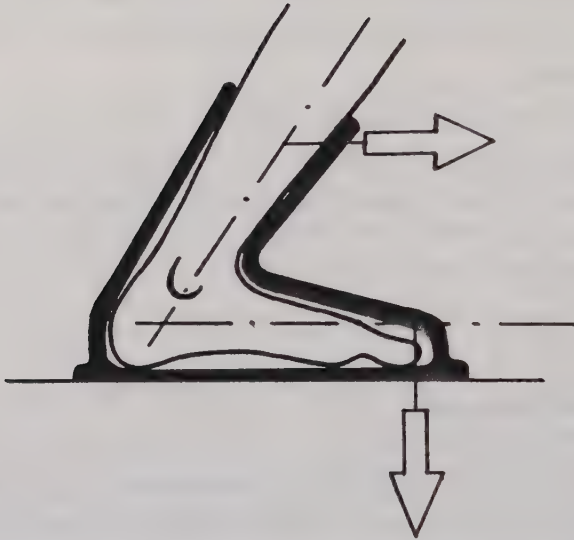


Abbildung 24: Hoher Druck an der Schaftoberkante bei Hinteneinstiegsmodellen und damit große Drehmomentübertragung nach unten auf den Ski

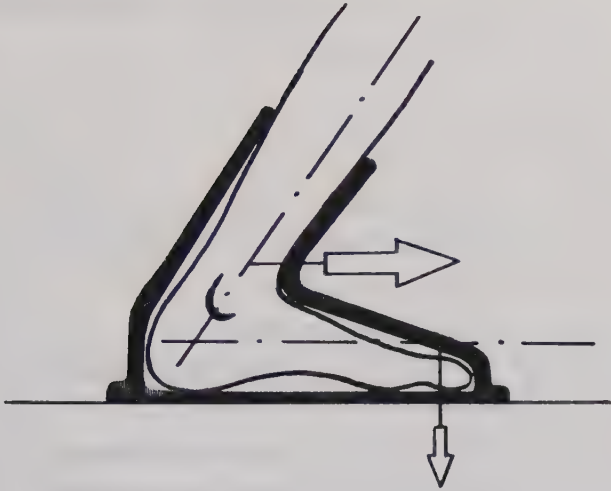


Abbildung 25: Hoher Druck an der Schaftunterseite bei traditionellen Mehrschnallenmodellen und damit kleine Drehmomentübertragung nach unten auf den Ski

3.5.5.2. Vergleich der Schaftcharakteristiken mit den Druckverteilungsmustern an der Sohle

Vergleich zwischen Hinteneinsteigern und Traditionellen Mehrschnallern:

Die Einteilung der Skischuhe aufgrund ihrer Schaftcharakteristik in Hinteneinsteiger und traditionelle Mehrschnaller kann nach den Druckverteilungsmessungen an der Sohle nicht nachvollzogen werden. Hinteneinsteiger können aufgrund des Druckverteilungsmusters an der Sohle nicht von Mehrschnallern unterschieden werden.

Bei beiden Schuhtypen wird der Fuß gleichermaßen von der Sohle abgehoben, also leicht aus dem Schuh herausgehebelt. (Abb. 26)

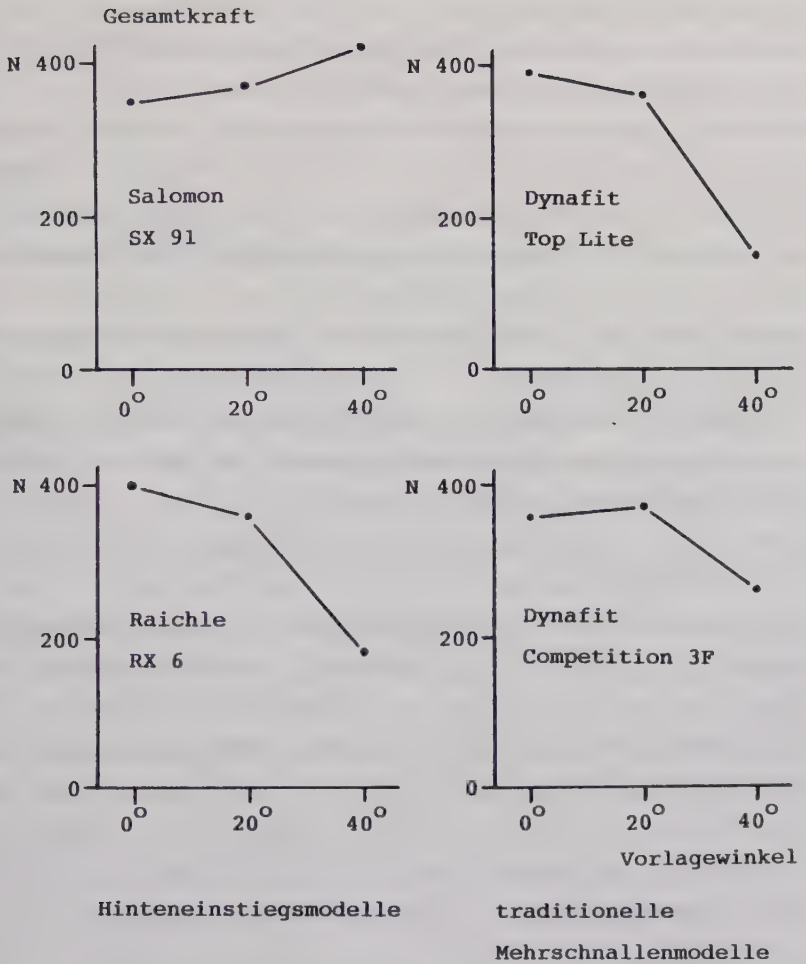


Abbildung 26: Verlauf der Gesamtkraft über den Vorlagewinkel bei verschiedenen Skischuhtypen

Der Einfluß der Schaftlänge:

Ein mögliches Unterscheidungsmerkmal der Druckverteilung an der Sohle bietet die unterschiedliche Schaftlänge.

Bei einem ausgesprochenen Hochschaftmodell (Nordica Polaris) zeigt sich, daß der Fuß bereits bei relativ kleinen Vorlagewinkeln von der Unterlage abgehoben wird und sich dieses Abheben bei größeren Vorlagewinkeln noch verstärkt. Die Gesamtkraft nimmt im Verlauf größer werdender Vorlagewinkel durchschnittlich um etwa 10 kp ab, während sie bei Niedrigschaftmodellen nur um etwa 8 kp abnimmt.

Bei diesem Hochschaftmodell wird also der Fuß insgesamt stärker nach oben aus dem Schuh herausgehoben als bei den kürzeren Schäften der anderen Modelle.

Der Einfluß der Paßform:

Vergleicht man bei gleichem Probanden Skischuhmodelle mit enger Paßform, die bereits als schmerzhaft empfunden werden, mit solchen mit weiter Paßform, so beobachtet man folgendes: Bei enger Paßform nimmt der Druck an der Sohle gegenüber weiter Paßform um etwa 2 N/cm^2 ab.

3.5.5.3. Diskussion

Unterschiede der Druckverteilung an der Sohle zwischen Hinteneinsteigern und traditionellen Mehrschnallern lassen sich nicht erkennen, beide Skischuhtypen hebeln den Fuß gleichermaßen nach oben aus dem Schuh heraus.

Da aber bei Hinteneinsteigern und traditionellen Schuhen unterschiedliche Kräfte unter der Sohle der Skischuhschale auftreten, müssen diese unterschiedlichen Drehmomente praktisch ausschließlich über die Skischuhschale auf den Ski übertragen werden.

Der Fuß und hier speziell der Vorfuß, spielt also bei der Kraftübertragung nach unten auf den Ski eine untergeordnete Rolle.

Ein langer Skischuhschaft hebelt den Fuß stärker nach oben aus dem Schuh, als ein kurzer Schaft.

Zweifellos stellt der hohe Schaft einen größeren Hebelarm für den Fuß dar, als ein niedriger Schaft. Aber auch die unterschiedliche Lage der Schaftdrehpunkte der verschiedenen Skischuhmodelle in Bezug auf die Malleolengabel dürfte eine Rolle spielen. Unklar ist noch, welches der beiden Phänomene den größeren Einfluß auf das Heraushebeln des Fußes bei Hochschaftmodellen nimmt.

Eine mögliche Erklärung dafür, daß bei enger Paßform der Sohlendruck abnimmt, bietet der Vergleich mit demselben Phänomen bei festem Schnallenschluß (siehe 3.5.3.2. und Abb. 22,23). Auch hier wird der Fuß durch die enge Paßform der Skischuhschale nach oben gegen den Rist gedrückt und von der Sohle abgehoben.

3.5.6. Zusätzliche Messungen im Ristbereich

3.5.6.1. Ergebnisse

Der Einfluß des Vorlagewinkels auf den Druck im Ristbereich:

Um einen Überblick über den Druck am Rist zu erhalten, wurden die Drücke der vier Sensoren gemittelt.

Dieser Mitteldruck zeigt über verschiedene Skischuhtypen hinweg ein recht konstantes Verhalten. Im Winkelbereich von 0° bis etwa 20° sinkt der mittlere Ristdruck etwas ab und steigt bei Winkeln zwischen 20° und 40° wieder steil an und erreicht schließlich Werte etwa um 10 N/cm^2 . Stark beeinflusst wird dieser mittlere Ristdruck durch den Sensor nahe der tibialis anterior-Sehne, wobei dieser Sensor Maximaldrücke bis zu 30 N/cm^2 anzeigt.

Dabei läßt sich weder ein deutlicher Einfluß durch den Skischuhtyp noch durch die Fußform erkennen.

Der Einfluß des Schnallenschlusses auf den Ristdruck:

Erwartungsgemäß steigt der Ristdruck bei stärkerem Schnallenschluß an. Dabei wird bei allen Probanden und allen Schnallenmodellen gleichermaßen eine Druckzunahme durchschnittlich von etwa 2 N/cm^2 beobachtet. Besonders ausgeprägt ist diese Druckzunahme am medialen und lateralen Fußrand, wo Drücke bis zu 15 N/cm^2 auftreten. Bemerkenswerterweise nimmt der gleichzeitig gemessene Durchschnittsdruck an der Sohle nicht zu, bzw. nimmt sogar ab, wie dies bereits beschrieben wurde (siehe 3.5.3.2.). (Abb. 27)

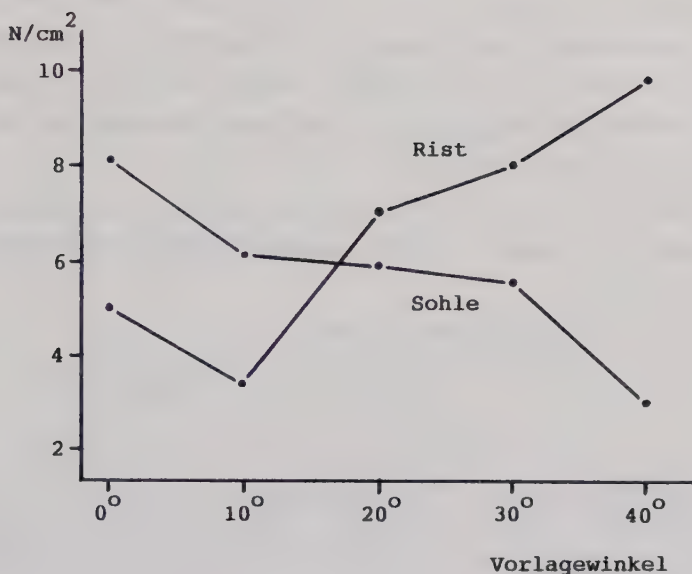


Abbildung 27: Verlauf des mittleren Drucks unter der Sohle und im Ristbereich:

Bei größeren Vorlagewinkeln steigt der Ristdruck stark an, während der Sohlendruck absinkt. Der Fuß wird also von der Schuhsohle abgehoben und gegen den Rist gedrückt.

Der Einfluß verschiedener Skischuhmodelle auf den Ristdruck:

Auch der Ristdruck läßt keine Einteilung der Schuhmodelle in verschiedene Schuhkonstruktionen, wie beispielsweise Hinteneinsteiger und traditionelle Mehrschnaller zu.

Deutlich läßt sich jedoch ein Einfluß der Paßform des Skischuhs

erkennen. Bei enger Paßform des Skischuhs, den die Probanden als unangenehm bis schmerzhaft verspürten, nimmt der Durchschnittsdruck am Rist gegenüber weiter Paßform um etwa 2 N/cm^2 zu. Besonders deutlich zeigt sich diese Druckzunahme am medialen und lateralen Fußrand.

Wie bereits beschrieben, nimmt der gleichzeitig gemessene Sohlendruck bei enger Paßform gegenüber weiter Paßform ab. (Abb. 28 und 29)

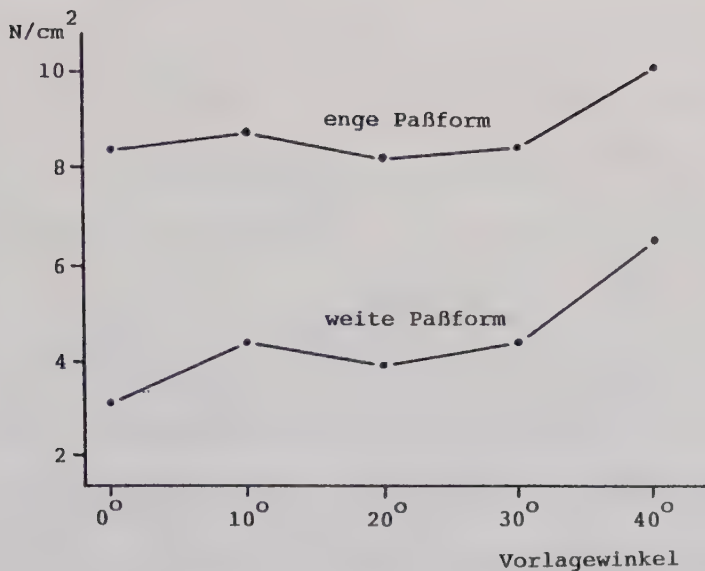


Abbildung 28: Verlauf des mittleren Drucks im Ristbereich bei enger und bei weiter Paßform:

Bei enger Paßform wird der Fuß stärker gegen den Rist gedrückt, als bei weiter Paßform

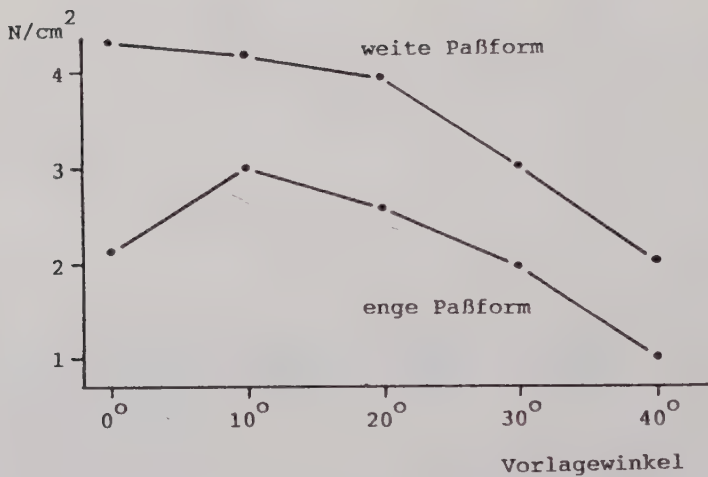


Abbildung 29: Verlauf des mittleren Drucks unter der Sohle bei enger und bei weiter Paßform:
Bei weiter Paßform lastet der Fuß stärker auf der Skischuhsohle als bei enger Paßform

3.5.6.2. Diskussion

Der Druck am Ristbereich verhält sich ziemlich genau umgekehrt wie der Druck an der Sohle und bietet damit eine gute Bestätigung der Sohlenmessungen.

Bei großen Vorlagewinkeln wird der Fuß in etwa 60% der Versuche, wie bereits beschrieben von der Unterlage abgehoben und gegen den Rist gedrückt, was hier gezeigt wurde. In der Mehrzahl der Fälle überwiegt die Druckzunahme am Rist leicht gegenüber der Druckabnahme an der Sohle.

Stärkerer Schnallenschluß übt stärkeren Druck am Rist aus, nicht jedoch an der Sohle. Diese Beobachtung stützt die Annahme, die bereits erhoben wurde, daß die enger werdende Schale den Fuß nach oben gegen den Rist drückt.

Praktisch genau das gleiche Phänomen wird bei Schuhen mit enger Paßform beobachtet und ist genauso wie bei starkem Schnallenschluß erklärbar.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Druck im Ristbereich eine sehr große Bedeutung im Skischuh hat. Die Höhe der Ristdrücke läßt erkennen, daß die Bedeutung des Ristbereiches möglicherweise zu Gunsten des Sohlenbereiches etwas unterschätzt wird. Wahrscheinlich beruhen viele Beschwerden im Skischuh auf viel zu hohen Drücken am sehr empfindlichen Ristbereich.

4. Zusammenfassende Diskussion und Schlußfolgerungen für die Praxis

Mit den vorliegenden Messungen liegen erste Ergebnisse über die Druckverteilung im Sohlenbereich von Skischuhen vor, die direkt unter der Fußsohle des Probanden gemessen wurden. Es handelt sich hier um Labormessungen, die der technischen Einfachheit wegen, nur im statischen Bereich durchgeführt wurden. Eine Bestätigung der Ergebnisse durch dynamische Messungen auf der Piste steht noch aus. Trotzdem können die Ergebnisse als Orientierung gelten und dürften größtenteils auch auf die Pistenmessungen übertragbar sein.

Die Druckverteilung im Skischuh ähnelt nur in sehr geringem Maße der Druckverteilung barfuß, außerhalb des Skischuhs.

Bei kleinen Vorlagewinkeln und genügender Paßweite des Skischuhs wird der Fuß nur wenig in seiner physiologischen Funktion der Gewichtsübertragung auf die Unterlage behindert. Aber bereits bei größeren Vorlagewinkeln, die beim Fahren auf der Piste relevant sind, überträgt der Skifahrer sein Gewicht immer mehr auf den Skischuhschaft und auf den Ristbereich, als auf die Skisschuhsohle. Je stärker also der Skifahrer in die Knie geht, oder, was dies auch bedeuten kann, je sportlicher er fährt, desto stärker verliert er den Kontakt der Fußsohle zum Boden.

Was zunächst verwundert, aber durch die Konstruktion der Skischuhschale erklärt werden kann, ist, daß der "Bodenkontakt" bei festem Schnallenschluß und bei enger Paßform des Skischuhs in

gleicher Weise geringer wird.

Der Ski wird also bei etwas schnellerer Fahrt praktisch nur noch über den Skischuhschaft und die Skischuhschale gesteuert. Die praktische Erfahrung bestätigt dies: Ein neuer Skischuh mit anderer Steuercharakteristik bedarf relativ langer Eingewöhnung des Skifahrers, da der Schuh durch entsprechende Fußarbeit nicht auf die Steuercharakteristik des alten Schuhs umgetrimmt werden kann.

Aus den Messungen unter der Fußsohle lassen sich nur allgemeine Schlußfolgerungen für die Fußbettgestaltung im Skischuh ziehen. Eine besondere Fußbettgestaltung für den unauffälligen Fuß läßt sich aus den Messungen ebenfalls nicht fordern. Vielen Beschwerden im Fußbereich zum Trotz, lassen sich nämlich keine besonders hohen Druckspitzen im Sohlenbereich nachweisen.

Ein allgemein weiches und angenehm empfundenes Fußbett ist für das Gehen im Skischuh und das Stehen am Lift wichtig, was ja 70% der Zeit im Skischuh ausmacht (25). Für das Skifahren als solches ist eigentlich keine besondere Fußbettgestaltung nötig, da der Fuß mehr und mehr entlastet wird. Mit der angeblich verbesserten Fahrfunktion und Steuerbarkeit lassen sich allerdings keine notdürftigen und harten Skischuheinlagen mehr rechtfertigen, auch wenn solche Einlagen oft noch Verwendung finden. Vielmehr muß diese Einlage weich gepolstert und gut angepaßt sein, um physiologisches Stehen im Skischuh zu ermöglichen.

Soweit sich dies aus den vorliegenden Messungen ablesen läßt, gilt das Gesagte auch für stärkere Fußdeformitäten. Selbst ein

starker Spreizfuß zeigt keine auffallenden Druckspitzen unter der Sohle. Auch hier spielt das Fußbett bei zunehmenden Vorlagewinkeln keine größere Rolle. Um so heftiger kann aber für stärkere Fußdeformitäten die Forderung erhoben werden, gut angepaßte und weiche Einlagen zu benutzen. Gerade bei stärkeren Fußdeformitäten ist es wichtig, daß der ermüdungsanfällige und, bei starker Belastung, auch schmerzempfindliche Fuß in den langen Phasen des Stehens und Gehens im Schuh gut gestützt und gebettet wird. Natürlich ist auch im Skischuh eine Überkorrektur nicht zu vertreten.

Eine Einschränkung muß für die Einlagengestaltung im Skischuh allerdings gemacht werden. Die Sohleneinlage darf nicht zu hoch ausgebildet werden, um die Drücke am Rist nicht noch zusätzlich zu verstärken.

Der Ristbereich scheint nämlich der eigentliche Problembereich im Fußteil des Skischuhs zu sein. Am ganzen Rist, vor allem aber an der tibialis-anterior-Ansatzstelle, treten die höchsten, gemessenen Druckspitzen im Fußbereich auf. Bereits bei mittlerer bis starker Vorlage übersteigen die Druckwerte die Schmerzschwelle der Probanden. Der Übergang des Schaftes in den Ristteil des Schuhs ist bei stärker werdender Vorlage sehr großer Verformung unterworfen, wodurch die hohen Drücke hervorgerufen werden. Bei fast allen Skischuhen ist zudem der Ristbereich ungenügend gepolstert.

Die Kenntnis der hohen Drücke im Ristbereich läßt die Forderung nach besserer Anpassung und weicherer Polsterung in diesem Bereich zu. Besonders abzulehnen sind also überlappende und harte Teile im Ristbereich, wie sie die Zungen der Innenschuhe

der meisten konventionellen Mehrschnallenmodelle darstellen.

Drei wichtige Forderungen, den Ristbereich betreffend, müssen daher an die Skischuhhersteller gestellt werden:

- Der Ristbereich des Schuhs muß dem Fußrist genügend Platz bieten.
- Der Ristbereich des Innenschuhs muß besser gepolstert werden.
- Auch bei stärkeren Vorlagewinkeln darf der Ristbereich nicht nennenswert einknicken und nicht auf den Fußrücken drücken.

Die Ergebnisse der Sohlenmessungen lassen keine charakteristischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Skischuhtypen erkennen. Weniger entscheidend für die jeweilige Druckverteilung an der Sohle ist der Skischuhtyp, als der Fuß des einzelnen Skifahrers, bei gleicher Schuhgröße.

Entscheidend für die Auswahl eines Skischuhs bleibt daher die Paßform und die Bequemlichkeit, wenn Ermüdung und Druckstellen vermieden werden sollen. Nichts ausgesagt wird dabei aber über die Kraftübertragung des Skischuhs und damit über seine Steuercharakteristik. Gesteuert wird der Ski mehr durch den Skischuh-schaft, als durch den Fußteil des Schuhs.

Etwas vereinfacht ausgedrückt, lassen sich den beiden Hauptelementen des Skischuhs zwei Hauptfunktionen zuordnen. Während der Skischuh-schaft hauptsächlich für die Steuerung und Fahrfunktion der Schuh-Ski-Einheit zuständig ist, sichert der Fußteil im Sohlen- und Ristbereich die Bequemlichkeit und Stützung des Fußes beim Gehen und Stehen im Schuh.

5. Ausblick und Schluß

In der vorliegenden Arbeit wurden erstmals statische Druckverteilungsmessungen unter der Fußsohle, innerhalb des Skischuhs, bei verschiedenen Vorlagewinkeln durchgeführt.

Die daraus gewonnenen Ergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse über die Druckverteilung und Biomechanik des Fußes im Skischuh. Die Messungen im Sohlenbereich stellen eine ideale Ergänzung zu den Messungen im Schaftbereich (21) dar und komplettieren das Bild über den Skischuh aus biomedizinischer und biomechanischer Sicht.

Mittlerweile sind die verwendeten Geräte technisch so ausgereift, daß in Zukunft auch dynamische Messungen auf der Piste möglich sein werden. Solche Pistenmessungen könnten die Labormessungen bestätigen und wertvolle weitere Informationen über die Belastung des Fußes unter der Fußsohle und im Ristbereich, im Skischuh, unter Funktion, liefern.

Schließlich werden die vorliegenden Messungen dazu beitragen, einen Katalog an Empfehlungen zu erstellen, der nicht nur den Anschluß des Skischuhs an das Bindungssystem sicherstellt, sondern darüberhinaus eine orthopädisch gerechte Skischuhgestaltung im Schaftbereich und im gesamten Fußbereich möglich macht.

- 5 Beierlein, H.R. Verfahrenstechnische Auswahl, Konstruktion, Aufbau und Anwendungsmöglichkeit einer Meßeinrichtung zur humanphysiologischen Erforschung der Biomechanik der unteren Extremität. Diss. Techn. Uni. München, 1976
- 6 Diebschlag, W. Die Druckverteilung an der Sohle des Menschen im Stehen und Gehen, barfuß und im Schuh. Z. Orthopädie 120, S.814-820, 1982
- 7 Föhr, O. Experimentelle Untersuchungen am Skischuh. unveröffentlicht
- 8 Hauser, W. Sicherheitstechnische Grundlagen zum Erstellen der neuen IAS-Richtlinie Nr.100 für Skibindungen. IAS, 1981
- 9 Hauser, W. Torsionsfraktur der menschlichen Tibia im dynamischen Zeitbereich. Inaug. Dissert., TU München, 1977

- 10 Hauser, W., Asang, E., Schaff, P. Influence of ski boot design on skiing safety and skiing performance. ASTM Publication STP 860, Skiing trauma and safety, R.J. Johnson, C.D. Mote, Jr., (eds.), Philadelphia, S.159-164, 1985
- 11 Heidinger, F., Kurz, B. Einsatzmöglichkeiten eines Druckverteilungsmeßgerätes zur anthropometrischen und orthopädischen Fußdatenerfassung. Z. Orthop. 125, Enke Verlag Stuttgart, S.201-205, 1987
- 12 Hennig, E.M. et al. A piezoelectric method of measuring the vertical contact stress beneath the human foot. J. Biomed. Eng., (4), S.213-221 1982
- 13 Hörterer, H. Skischuhe genügen anatomischen Anforderungen nicht. SAZ Sportartikelzeitung, Nr.3-4, S.38f., 1982

- 14 Johnson, R.J. Trends in Skiing Injuries.
Analogis of a 6-Years Study.
Am. J. Sportsmed, 8, (2),
S.106-113, 1980
- 15 Jürgens, K.G., Möglichkeiten zur Objektivie-
Hagena, F.-W., rung von rheumatischen Vorfuß-
Rosemeyer, B., deformitäten. Akt. Rheumatol.
Kormann, B. 12, Thieme Verlag Stuttgart,
S.3-8, 1987
- 16 Lindenbaum, B.L. Ski Boot Compression Syndrom.
Clin. Orthopaed, (140),
S.109f., 1980
- 17 Lord, M. Foot pressure measurement:
A review of methodology. J.
Biomed. Engng., Vol.3, Busi-
ness Press, London, 1981
- 18 Menke, W. Biomechanische Analyse des
Skisturzes.
Enke Copythek, Enke Verlag
Stuttgart, 1985
- 19 Morton, D.J. Structural factors in static
disorders of the foot. Am. J.
Surg., (9), S.315-326, 1930

- 20 Nicol, K., Hennig, E.M. Time dependent method for measuring force distribution using a flexible mat as a capacitor. Koni, P. (ed), Biomechanics V.B., Baltimore, University Park Press, 1976
- 21 Schaff, P. Untersuchungen über die Schuhgestaltung und deren Einfluß auf die Belastung des menschlichen Beines. Inaug. Dissertation, Technische Universität München, 1984
- 22 Schaff, P., Kirsch, D., Frow, S., Mehnert, H. Dynamische Druckverteilungsmessungen unter der Fußsohle. Standardisierung der Pedografie. Akt. Endokrin. Stoffw. 8, Thieme Verlag Stuttgart, S.127-131, 1987
- 23 Schaff, P., Schattner, R., Hauser, W. Biomechanical Enquiries on Ski Boots and resulting practical requirements. Skiing trauma and safety, ASTM Publication, R.J. Johnson and C.D. Mote, (eds.), Philadelphia, 1986

- 24 Stummbaum, F.,
Diebschlag, W.
Meßsystem zur Erfassung der
Druckverteilung zwischen
Mensch und Sitzmöbel. Biome-
dizinische Technik, Band 25,
Heft 9, S.223-227, 1980
- 25 Winkler, H.
Technisches Skihandbuch.
Nymphenburger Verlag, München,
S.155, 1983

Ich danke allen, die zum Zustandekommen der vorliegenden Arbeit beitrugen. Mein besonderer Dank gilt dabei:

Herrn Prof. Dr. med. B. Rosemeyer	für die Überlassung des Themas, die freundliche Betreuung und die Möglichkeit der Versuchsdurchführung in der Orthop. Klinik
Herrn Dr. med. P. Schaff	für die fortwährende, fachlich fundierte Betreuung und für die Hilfe bei der Versuchsdurchführung
Herrn Dr. med. W. Hauser	für die engagierte Unterstützung und Beratung
Herrn Dr. R. Schattner	für die Unterstützung bei der computertechnischen Verarbeitung der gewonnenen Daten
Herrn Dipl.-Ing. P. Seitz und den Mitarbeitern der novel-GmbH.	für die technische Unterstützung der Arbeit
Fr. G. Gall	für die Unterstützung bei
Fr. I. Müller	der Textverarbeitung

Finanziell unterstützt wurde diese Untersuchung vom Deutschen Skiverband (DSV), der Stiftung Sicherheit im Skisport (SIS) und dem internationalen Arbeitskreis Sicherheit beim Skilauf (IAS) unter Mitwirkung des Technischen Überwachungs-Vereins Bayern.

Nicht zuletzt gilt mein Dank allen Versuchspersonen, deren verständnisvolles Entgegenkommen diese Arbeit erst ermöglichte.

Lebenslauf

Adresse: Martin Kulot
Esterweg 4
8925 Altenstadt

Persönliche Daten:

Geburtsdatum: 10.10.59
Geburtsort: Altenstadt b. Schongau
Eltern: Peter Paul Kulot, Rektor
Walburga Kulot, geb. Reich, Hausfrau
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch
Konfession: römisch/katholisch

Ausbildungsdaten:

Schulausbildung:
1966 - 1970 Grundschule Altenstadt
1970 - 1979 Gymnasium Schongau
Juli 1979 Abitur in Schongau
Wehrdienst:
1979 - 1981 Sanitätsdienst an der LL/LTS Alten-
stadt
Studium:
1981 - 1986 Humanmedizin an der
Ludwig-Maximilians-Universität
Famulaturen: 1 Monat Chirurgie und
2 Monate Innere Medizin am Kreiskran-
kenhaus Schongau
1 Monat Medizinische Statistik und
Datenverarbeitung am Institut für
Biomedizin und Ergonomie beim TÜV
Bayern e.V. München
Praktisches Jahr:
3/86 - 2/87 Orthopädie: Staatl. Orthopädische
Klinik, München-Harlaching
Innere Medizin: Zentalklinikum Augs-
burg
Chirurgie: Chirurgische Klinik Groß-
hadern
Studienabschluß: Ärztliche Prüfung am 7. Mai 1987
Approbation: 18. Mai 1987

Altenstadt, den 6.10.1987

